

Verfahren zur Herstellung von Bauteilen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Bauteilen vorzugsweise einer Gasturbine nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Moderne Gasturbinen, insbesondere Flugtriebwerke, müssen höchsten Ansprüchen im Hinblick auf Zuverlässigkeit, Gewicht, Leistung, Wirtschaftlichkeit und Lebensdauer gerecht werden. In den letzten Jahrzehnten wurden insbesondere auf dem zivilen Sektor Flugtriebwerke entwickelt, die den obigen Anforderungen voll gerecht werden und ein hohes Maß an technischer Perfektion erreicht haben. Bei der Entwicklung von Flugtriebwerken spielt unter anderem die Werkstoffauswahl, die Suche nach neuen, geeigneten Werkstoffen sowie die Suche nach neuen Fertigungsverfahren eine entscheidende Rolle.

Die wichtigsten, heutzutage für Flugtriebwerke oder sonstige Gasturbinen verwendeten Werkstoffe sind Titanlegierungen, Nickellegierungen (auch Superlegierungen genannt) und hochfeste Stähle. Die hochfesten Stähle werden für Wellenteile, Getriebeteile, Verdichtergehäuse und Turbinengehäuse verwendet. Titanlegierungen sind typische Werkstoffe für Verdichterteile. Nickellegierungen sind für die heißen Teile des Flugtriebwerks geeignet.

Bei der Fertigung bzw. Herstellung von Präzisionsbauteilen aus metallischen oder auch keramischen Pulvern hat sich das pulvermetallurgische Spritzgießen bewährt. Das pulvermetallurgische Spritzgießen ist mit dem Kunststoffspritzguss verwandt und wird auch als Metallform-Spritzen oder Metal Injection Moulding-Verfahren (MIM-Verfahren) bezeichnet. Mit dem pulvermetallurgischen Spritzgießen können Bauteile hergestellt werden, die fast die volle Dichte sowie ca. 95% der statischen Festigkeit von Schmiedeteilen erreichen. Die gegenüber Schmiedeteilen verringerte dynamische Festigkeit kann durch geeignete Werkstoffauswahl kompensiert werden.

Beim pulvermetallurgischen Spritzgießen wird nach dem Stand der Technik in groben Zügen so vorgegangen, dass in einem ersten Verfahrensschritt ein Pulver, vorzugsweise ein Metallpulver, Hartmetallpulver oder auch Keramikpulver, mit einem Bindemittel und gegebenenfalls einem Plastifizierer zu einer homogenen Masse vermischt

wird. Aus dieser homogenen Masse werden durch Spritzgießen Formkörper gefertigt. Die spritzgegossenen Formkörper besitzen bereits die geometrische Form des herzustellenden Bauteils, ihr Volumen ist jedoch um das Volumen des zugesetzten Bindemittels und Plastifizierungsmittels vergrößert. Den spritzgegossenen Formkörpern wird in einem Entbinderungsprozess das Bindemittel sowie Plastifizierungsmittel entzogen. Darauffolgend wird während des Sinterns der Formkörper zum fertigen Bauteil verdichtet bzw. geschrumpft. Während des Sinterns verkleinert sich das Volumen des Formkörpers, wobei entscheidend ist, dass die Dimensionen des Formteils in allen drei Raumrichtungen gleichmäßig schwinden müssen. Der Volumenschwund beträgt abhängig vom Bindemittel- und Plastifizierungsmittelgehalt zwischen 30% und 60%.

Nach dem Stand der Technik wird beim pulvermetallurgischen Spritzgießen üblicherweise so vorgegangen, dass jeder Formkörper für sich dem Entbinderungsprozess unterzogen und darauffolgend für sich gesintert wird. Gegebenfalls werden erst nach dem eigentlichen pulvermetallurgischen Spritzgießen mehrere durch pulvermetallurgisches Spritzgießen hergestellte Bauteile über geeignete Fügeverfahren miteinander verbunden. Mit den aus dem Stand der Technik bekannten pulvermetallurgischen Spritzgießverfahren ist demnach die Herstellung von Bauteilen mit einer komplexen, dreidimensionalen Gestalt nur in beschränktem Umfang möglich.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, ein neuartiges Verfahren zur Herstellung von Bauteilen vorzuschlagen.

Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass das eingangs genannte Verfahren durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist.

Erfindungsgemäß werden zur Herstellung eines Bauteils mehrere Formkörper während des Sinterns durch einen Diffusionsprozess miteinander verbunden.

Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, ein Bauteil aus mehreren Formkörpern dadurch herzustellen, dass während des Sinterns, also während des pulvermetallurgischen Spritzgießens, die Formkörper zu dem herzustellenden Bauteil durch einen Diffusionsprozess miteinander verbunden werden. Hierdurch

wird es möglich, mithilfe des pulvermetallurgischen Spritzgießens auch Bauteile mit einer komplexen, dreidimensionalen Gestalt schnell und kostengünstig herzustellen.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung werden die miteinander zu verbindenden Formkörper zumindest während des Sinterns an miteinander zu verbindenden Abschnitten der Formkörper in Flächenkontakt, vorzugsweise in einen form-schlüssigen Flächenkontakt gebracht, wobei während des Sinterns und während des gleichzeitig ablaufenden Diffusionsprozesses ein Druck auf die miteinander zu verbindenden Formkörper ausgeübt wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird insbesondere zur Herstellung von Schaufeln oder Schaufelsegmenten aus mehreren Schaufeln eines Flugtriebwerks verwendet, wobei diese Schaufeln oder Schaufelsegmente aus einer Nickelbasislegierung oder auch Titanbasislegierung bestehen.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unter-ansprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

- Fig. 1: ein Blockschaltbild zur Verdeutlichung der einzelnen Verfahrensschritte beim pulvermetallurgischen Spritzgießen;
- Fig. 2: einen Querschnitt durch zwei mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens miteinander zu verbindende Formkörper;
- Fig. 3: einen weiteren Querschnitt durch zwei mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens miteinander zu verbindende Formkörper; und
- Fig. 4: einen weiteren Querschnitt durch zwei mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens miteinander zu verbindende Formkörper.

Die hier vorliegende Erfindung betrifft die Herstellung von Bauteilen vorzugsweise einer Gasturbine, insbesondere eines Flugtriebwerks, durch pulvermetallurgisches Spritzgießen (PM). Pulvermetallurgisches Spritzgießen wird auch als Metal Injection Moulding (MIM) bezeichnet.

Unter Bezugnahme auf Fig. 1 werden die einzelnen Verfahrensschritte des pulvermetallurgischen Spritzgießens erläutert. In einem ersten Schritt 10 wird ein Metallpulver, Hartmetallpulver oder Keramikpulver bereitgestellt. In einem zweiten Schritt 11 werden ein Bindemittel und ggf. ein Plastifizierungsmittel bereitgestellt. Das im Verfahrensschritt 10 bereitgestellte Metallpulver sowie das im Verfahrensschritt 11 bereitgestellte Bindemittel und Plastifizierungsmittel werden im Verfahrensschritt 12 gemischt, so dass sich eine homogene Masse ausbildet. Der Volumenanteil des Metallpulvers in der homogenen Masse beträgt dabei vorzugsweise zwischen 40% und 70%. Der Anteil von Bindemittel und Plastifizierungsmittel an der homogenen Masse schwankt demnach in etwa zwischen 30% und 60%.

Diese homogene Masse aus Metallpulver, Bindemittel und Plastifizierungsmittel wird im Sinne des Schritts 13 durch Spritzgießen weiterverarbeitet. Beim Spritzgießen werden Formkörper gefertigt. Diese Formkörper weisen schon alle typischen Merkmale der herzustellenden Bauteile auf. Insbesondere verfügen die Formkörper über die geometrische Form des zu fertigenden Bauteils. Sie verfügen jedoch über ein um den Bindemittelgehalt sowie Plastifizierungsmittelgehalt vergrößertes Volumen.

Im nachgeschalteten Schritt 14 wird das Bindemittel und das Plastifizierungsmittel aus den Formkörpern ausgetrieben. Den Verfahrensschritt 14 kann man auch als Endbinderungsprozess bezeichnen. Das Austreiben von Bindemittel und Plastifizierungsmittel kann auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen. Üblicherweise erfolgt dies durch fraktionierte, thermische Zersetzung bzw. Verdampfung. Eine weitere Möglichkeit besteht durch Heraussaugen der thermisch verflüssigten Binde- und Plastifizierungsmittel durch Kapillarkräfte, durch Sublimation oder durch Lösungsmittel.

Im Anschluss an den Entbinderungsprozess im Sinne des Schritts 14 werden die Formkörper im Sinne des Schritts 15 gesintert. Während des Sinterns werden die

Formkörper zu den Bauteilen mit den endgültigen, geometrischen Eigenschaften verdichtet. Während des Sinterns verkleinern sich demnach die Formkörper, wobei die Dimensionen der Formkörper in allen drei Raumrichtungen gleichmäßig schwinden müssen. Der lineare Schwund beträgt abhängig vom Bindemittelgehalt und Plastifizierungsmittelgehalt zwischen 10% und 20%.

Nach dem Sintern liegt das fertige Bauteil vor, was in Fig. 1 durch den Schritt 16 dargestellt ist. Falls erforderlich, kann nach dem Sintern (Schritt 15) das Bauteil noch einem Veredelungsprozess im Sinne des Schritts 17 unterzogen werden. Der Veredelungsprozess ist jedoch optional. Es kann bereits auch unmittelbar nach dem Sintern ein einbaufertiges Bauteil vorliegen.

Es liegt im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, ein Bauteil mithilfe des pulvermetallurgischen Spritzgießens dadurch herzustellen, dass das Bauteil aus mehreren Formkörpern gebildet wird, wobei die Formkörper während des pulvermetallurgischen Spritzgießens durch einen Diffusionsprozess miteinander verbunden werden. So kann zum Beispiel das herzustellende Bauteil aus zwei Formkörpern zusammengesetzt werden, wobei die beiden Formkörper während des Sinterns durch den Diffusionsprozess miteinander verbunden werden. Es ist auch möglich, eine höhere Anzahl von Formkörpern zu einem Bauteil während des Sinterns miteinander zu verbinden.

Zum Verbinden der Formkörper bei der Herstellung des Bauteils werden die Formkörper an miteinander zu verbindenden Abschnitten bzw. Oberflächenbereichen derselben in einen Flächenkontakt gebracht. Dies bedeutet, dass die miteinander zu verbindenden Formkörper sich an den Abschnitten bzw. Oberflächenbereichen einander berühren. Auf die sich berührenden Formkörper bzw. die sich berührenden Abschnitte der Formkörper wird während des Diffusionsprozesses ein Druck ausgeübt. Der Flächenkontakt zwischen den miteinander zu verbindenden Formkörpern sowie das Ausüben des Drucks auf dieselben, erfolgt zumindest während des Sinterns. Der Diffusionsprozess erfolgt demnach während des Sinters.

Es ist auch möglich, den Flächenkontakt sowie den Druck auf die sich berührenden und miteinander zu verbindenden Formkörper bereits während eines Vorsinterns

und/oder während des Entbinderungsprozesses herzustellen. Bevorzugt ist die Vorgehensweise, dass der Flächenkontakt bereits während des Entbinderungsprozesses und während des Vorsinters sowie während des eigentlichen Sinters bereitgestellt wird, der Druck jedoch lediglich während des eigentlichen Sinterns auf die Formkörper ausgeübt wird. An dieser Stelle sei der Vollständigkeit halber angemerkt, dass das Vorsintern zwischen dem Entbinderungsprozess und dem eigentlichen Sintern stattfindet, wobei beim Vorsintern noch kein merklicher Schrumpfungsprozess der miteinander zu verbindenden Formkörper stattfindet.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Formkörper in einen formschlüssigen Flächenkontakt gebracht. Dies wird anhand der Fig. 2 bis 4 nachfolgend erläutert.

So zeigt Fig. 2 zwei während des pulvermetallurgischen Spritzgießens über einen Diffusionsprozess miteinander zu verbindende Formkörper 18 und 19. Die Formkörper 18 und 19 berühren einander an Abschnitten bzw. Oberflächenbereichen 20 und 21. Wie Fig. 2 entnommen werden kann, ist der Oberflächenbereich 20 des Formkörpers 18 im Querschnitt keilförmig ausgebildet. Dieser keilförmige Oberflächenbereich 20 des Formkörpers 18 greift formschlüssig in den korrespondierend ausgebildeten Oberflächenbereich 21 des Formkörpers 19 ein. Der Oberflächenbereich 21 des Formkörpers 19 bildet demnach im Querschnitt eine keilförmige Nut.

Fig. 3 zeigt eine alternative Ausgestaltung von zwei miteinander zu verbindenden Formkörpern 22 und 23. Auch beim Ausführungsbeispiel der Fig. 3 sind miteinander zu verbindende Oberflächenbereiche 24 und 25 der Formkörper 22 und 23 in formschlüssigem Kontakt. Hierzu ist am Oberflächenbereich 25 des Formkörpers 23 ein im Querschnitt trapezförmiger Vorsprung ausgebildet, der in eine entsprechend ausgebildete Ausnehmung im Oberflächenbereich 24 des Formkörpers 22 eingreift.

Eine weitere mögliche Ausgestaltung zweier miteinander zu verbindender Formkörper 26 und 27 zeigt Fig. 4. Beim Ausführungsbeispiel der Fig. 4 sind miteinander zu verbindende Oberflächenbereiche 28 und 29 der beiden Formkörper 26 und 27 wiederum in formschlüssigem Kontakt miteinander, im Unterschied zum Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 sind im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 der Vorsprung bzw.

die Ausnehmung im Bereich der Abschnitte bzw. der Oberflächenbereiche 28 bzw. 29 im Querschnitt nicht trapezförmig, sondern vielmehr im Querschnitt rechteckig. Bei den Ausführungsbeispielen gemäß Fig. 2 und 3 sind die miteinander zu verbindender Formkörper 18 und 19 bzw. 22 und 23 seitlich nebeneinander angeordnet, bei Ausführungsbeispiel der Fig. 4 sind die Formkörper 26 und 27 übereinander positioniert.

Der Formschluss zwischen den während des Sinterns durch den Diffusionsprozess miteinander zu verbindenden Formkörpern verbessert die Maßhaltigkeit des herzustellenden Bauteils.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass die miteinander zu verbindenden Formkörper im Sinne der hier vorliegenden Erfindung sowohl hinsichtlich ihrer Materialzusammensetzung und/oder hinsichtlich ihrer Schrumpfungseigenschaften identisch ausgebildet sein können, als auch diesbezüglich unterschiedliche Eigenschaften aufweisen können. Sind die Materialzusammensetzungen sowie die Schrumpfeigenschaften der miteinander zu verbindenden Formkörper identisch, so stellt sich während des Sinterns für die miteinander zu verbindenden Formkörper ein gleichmäßiger Schrumpfungsprozess ein.

Es können jedoch auch Formkörper mit unterschiedlichen Schrumpfungseigenschaften im Sinne der hier vorliegenden Erfindung über den Diffusionsprozess während des Sinterns miteinander verbunden werden. So liegt es auch im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, einen Formkörper mit einem größeren Schrumpfungsumfang während des Sinterns auf einen Formkörper mit einem kleineren Schrumpfungsumfang aufzusintern. Bei den in Fig. 2 bis 4 gezeigten Ausführungsbeispielen würde dies bedeuten, dass die Formkörper 19, 22 und 26 einen größeren Schrumpfungsumfang aufweisen und damit stärker schrumpfen als die Formkörper 18, 23 bzw. 27.

Formkörper mit unterschiedlichen Schrumpfungseigenschaften können dadurch bereitgestellt werden, dass Formkörper mit unterschiedlichen Materialzusammensetzungen verwendet werden. So können zum Beispiel Formkörper verwendet werden, die aus unterschiedlichen Metallpulvern und damit unterschiedlichen Metalllegierungen gebildet sind. Sollen Formkörper aus unterschiedlichen Metallpulvern miteinander

der verbunden werden, so ist darauf zu achten, dass die Sintertemperatur bzw. Diffusionstemperatur der Metallpulver in der selben Größenordnung liegt, damit die Schrumpfung der Formkörper auch gleichzeitig erfolgt. Die Materialzusammensetzung zur Bereitstellung von Formkörpern mit unterschiedlichen Schrumpfungseigenschaften kann auch durch Variation in der Art und im Umfang des Bindemittels geändert werden. Unterschiedliche Schrumpfungseigenschaften können des weiteren bei gleicher Materialzusammensetzung dadurch erreicht werden, dass Formkörper mit gleicher Materialzusammensetzung unterschiedlich vorgesintert werden.

Eine weitere Alternative der hier vorliegenden Erfindung liegt darin, bei Verwendung von Formkörpern mit unterschiedlichem Schrumpfvverhalten das unterschiedliche Schrumpfvverhalten dadurch auszugleichen, dass vor dem eigentlichen Sintern die Formkörper durch einen vorgeschalteten Vorsinterprozess bearbeitet werden. Das unterschiedliche Schrumpfvverhalten der miteinander zu verbindenden Formkörper kann so ausgeglichen werden, so dass während des eigentlichen Sinterns das Schrumpfvverhalten der Formkörper aufeinander angepasst ist.

Nach einer anderen Alternative des erfindungsgemäßen Verfahrens kann das unterschiedliche Schrumpfvverhalten dadurch ausgeglichen werden, dass die Formkörper, die zum Beispiel aus unterschiedlichen Metallpulvern bestehen, sich auch hinsichtlich ihrer Bindemittel und gegebenenfalls Plastifizierungsmittel bzw. hinsichtlich ihrer prozentualen Zusammensetzung von Metallpulver, Bindemittel und gegebenenfalls Plastifizierungsmittel unterscheiden. Auch hierdurch kann dann, wenn zum Beispiel Formkörper aus unterschiedlichen Metallpulvern miteinander verbunden werden sollen, das unterschiedliche Schrumpfvverhalten ausgeglichen werden. Es ist jedoch wieder darauf zu achten, dass die Sintertemperatur bzw. Diffusionstemperatur der Materialzusammensetzungen der Formkörper in der selben Größenordnung liegt, damit die Schrumpfung der Formkörper auch gleichzeitig erfolgt.

Mithilfe der hier vorliegenden Erfindung ist es möglich, während des Sinterns pulvermetallurgische Formkörper unmittelbar miteinander zu verbinden. Hierdurch werden neue Gestaltungsmöglichkeiten für pulvermetallurgisch herzustellende Bauteile geschaffen. Weiterhin entfallen die nach dem Stand der Technik erforderlichen separaten Füge- bzw. Verbindungsprozesse nach dem eigentlichen pulvermetallurgischen

Spritzgießen. Durch den Wegfall dieses nach dem Stand der Technik erforderlichen, zusätzlichen Verfahrensschritts ist die Herstellung der Bauteile schneller sowie kostengünstiger möglich.

Zur Verstärkung des Diffusionseffekts beim Sintern der miteinander zu verbindenden Formkörper können die einander berührenden Oberflächen derselben eine Beschichtung aufweisen. Diese Beschichtung bildet dann eine sogenannte Sinterhilfe, die als Folie oder als Schlickerwerkstoff bzw. Schlickerschicht auf die in Flächenkontakt zu bringenden Oberflächenbereiche der Formkörper aufgebracht werden kann. Diese den Diffusionseffekt verstärkende Beschichtung kann auf mindestens eine der miteinander zu verbindenden Oberflächenbereiche bzw. Abschnitte oder auch auf beide oder alle miteinander zu verbindenden Abschnitte aufgebracht werden.

Zur Verstärkung des Diffusionseffekts beim Sintern kann das Sintern auch unter einer speziellen Gasatmosphäre durchgeführt werden, die den Diffusionseffekt unterstützt.

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich besonders zur Herstellung von Bauteilen einer Gasturbine, insbesondere eines Flugtriebwerks. So liegt es im Sinne der hier vorliegenden Erfindung, Schaufeln oder Schaufelsegmente oder Rotoren mit integraler Beschaufelung – sogenannte Blisks (Bladed Disks) oder Blings (Bladed Rings) – einer Gasturbine mithilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens herzustellen. Weiterhin können Dichtungsteile, Verstellhebel, Sicherungsteile oder andere Bauteile mit einer komplexen dreidimensionalen Gestalt durch das erfindungsgemäße Verfahren hergestellt werden. Derartige Bauteile für eine Gasturbine bestehen insbesondere aus einer Nickelbasislegierung oder Titanbasislegierung. Das erfindungsgemäße Verfahren ist jedoch nicht auf die Herstellung von Bauteilen für Gasturbinen beschränkt. Es können grundsätzlich auch Bauteile für den Kraftfahrzeugbereich, den allgemeinen Maschinenbau oder sonstige Anwendungsbereiche hergestellt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Bauteilen vorzugsweise einer Gasturbine, insbesondere eines Flugtriebwerks, durch pulvermetallurgisches Spitzgießen, wobei beim pulvermetallurgischen Spitzgießen zuerst insbesondere ein Metallpulver mit zumindest einem Bindemittel zu einer homogenen Masse vermischt wird, wobei anschließend aus der homogenen Masse durch Spritzgießen mindestens ein Formkörper gefertigt und wobei der oder jeder Formkörper darauffolgend einem Entbinderungsprozess unterzogen wird, und wobei im Anschluss durch Sintern der oder jeder Formkörper zu mindestens einem Bauteil mit gewünschten geometrischen Eigenschaften verdichtet bzw. geschrumpft wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Herstellung eines Bauteils mehrere Formkörper während des Sinterns durch einen Diffusionsprozess miteinander verbunden werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** hierzu die miteinander zu verbindenden Formkörper zumindest während des Sinterns an miteinander zu verbindenden Abschnitten der Formkörper in Flächenkontakt gebracht werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** hierzu die miteinander zu verbindenden Formkörper an den miteinander zu verbindenden Abschnitten in einen formschlüssigen Flächenkontakt gebracht werden.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die miteinander zu verbindenden Formkörper während des Sinterns sowie während eines Vorsinterns und vorzugsweise während des Entbinderungsprozesses miteinander in Flächenkontakt gebracht werden.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Sinterns ein Druck auf die miteinander zu verbindenden Formkörper ausgeübt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druck während des Sinterns und des Diffusionsprozesses auf die miteinander zu verbindenden Formkörper ausgeübt wird.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf mindestens einen der miteinander zu verbindenden Abschnitte der Formkörper zur Unterstützung des Diffusionsprozesses eine Beschichtung aufgebracht wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die oder jede Beschichtung als Folie oder Schlickerschicht aufgebracht wird.
9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** dann, wenn die miteinander zu verbindenden Formkörper ein unterschiedliches Schrumpfverhalten während des Sinterns aufweisen, der Formkörper mit dem größeren Schrumpfumfang auf den Formkörper mit dem geringeren Schrumpfumfang aufgeschrumpft wird.
10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** dasselbe der Herstellung von Schaufeln oder Schaufelsegmenten einer Gasturbine, insbesondere der Herstellung von Leitschaufeln, Leitschaufelsegmenten, Laufschaufeln oder Laufschaufelsegmenten eines Flugtriebwerks, oder der Herstellung von Rotoren mit integrierter Beschaufelung dient.

1/2

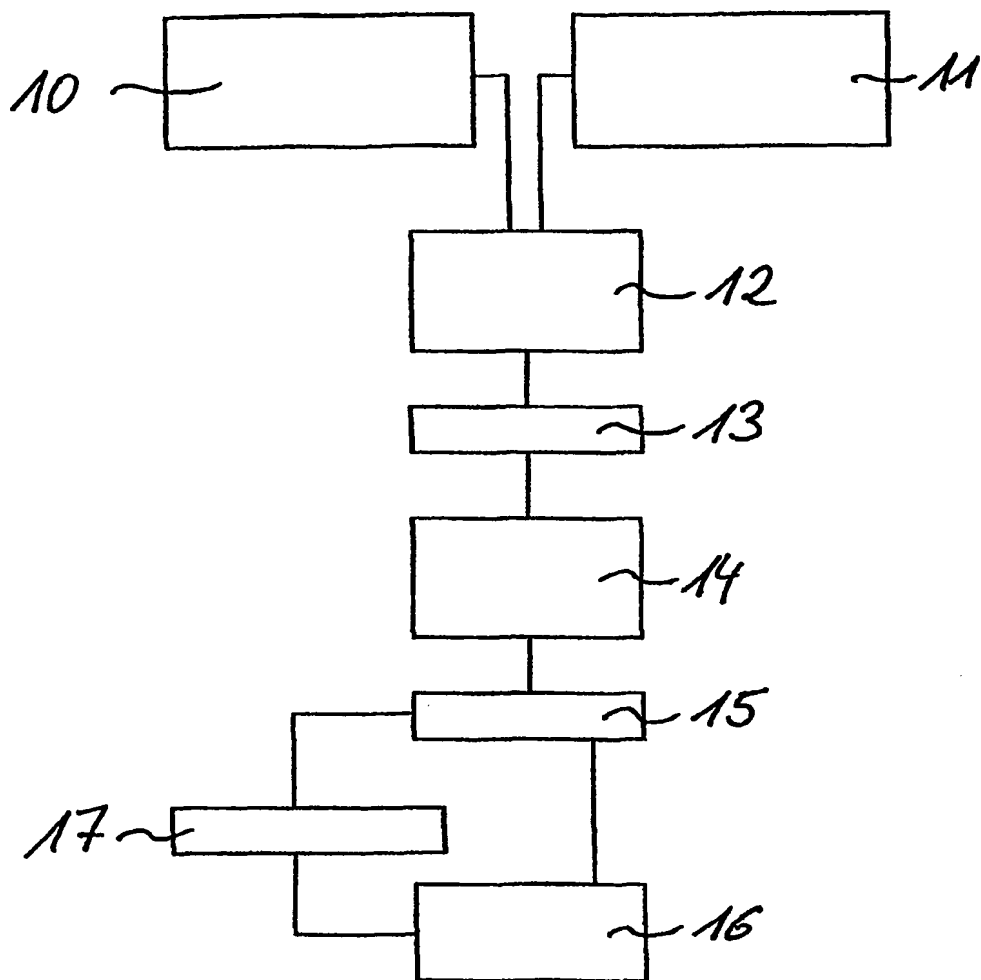


FIG. 1

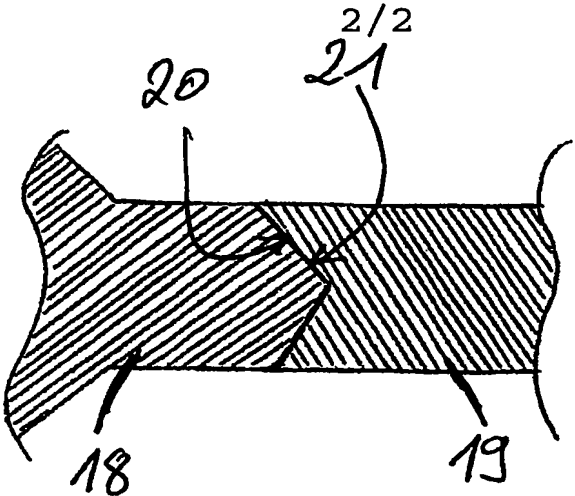


FIG. 2

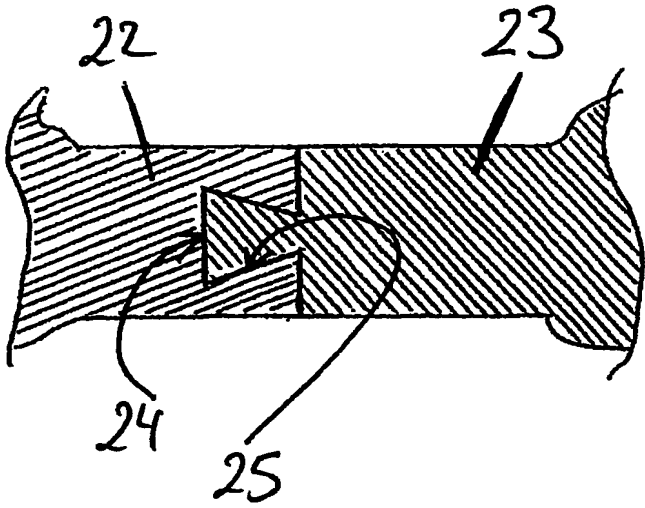


FIG. 3

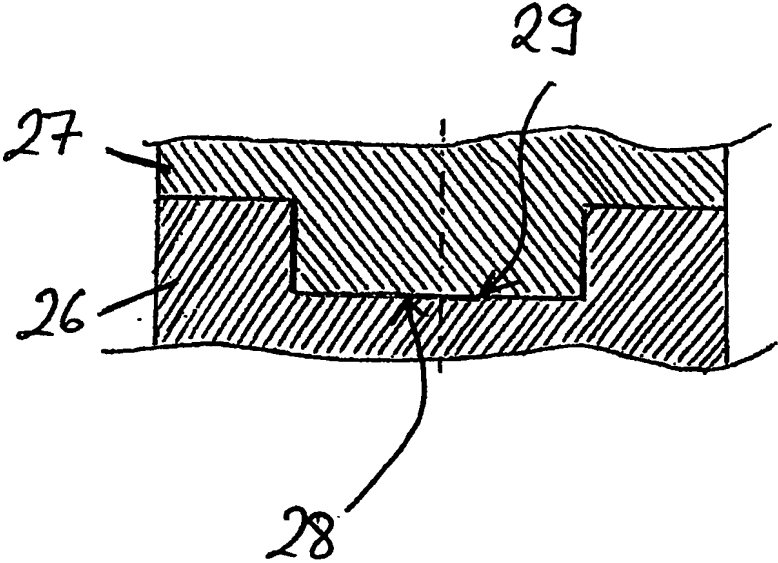


FIG. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2004/001872

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B22F7/06 B22F5/04 B22F3/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B22F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 487 773 A (SEYAMA ET AL) 30 January 1996 (1996-01-30) examples 3-7	1-4
X	DE 100 53 199 A1 (DENSO CORP., KARIYA) 3 May 2001 (2001-05-03) column 3, line 35 - column 5, line 68	1,2,4
A	EP 0 995 525 A (INJEX CORPORATION; SEIKO EPSON CORPORATION) 26 April 2000 (2000-04-26) paragraph '0208! - paragraph '0215!; claims 21-23; figure 1	1-10
X	US 4 813 823 A (BIENECK ET AL) 21 March 1989 (1989-03-21) column 2, line 20 - column 3, line 32	1,3

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 February 2005

Date of mailing of the international search report

17/02/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

González-Junquera, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE2004/001872

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5487773	A	30-01-1996	EP 0538073 A2	21-04-1993
			JP 5195022 A	03-08-1993
			KR 9613892 B1	10-10-1996
			US 5393484 A	28-02-1995
DE 10053199	A1	03-05-2001	JP 2001123202 A	08-05-2001
			JP 2001140001 A	22-05-2001
			US 6488887 B1	03-12-2002
EP 0995525	A	26-04-2000	JP 11315305 A	16-11-1999
			JP 11315306 A	16-11-1999
			JP 11315304 A	16-11-1999
			DE 69920621 D1	04-11-2004
			EP 0995525 A1	26-04-2000
			US 6350407 B1	26-02-2002
			WO 9956898 A1	11-11-1999
US 4813823	A	21-03-1989	TW 415859 B	21-12-2000
			DE 3601385 A1	23-07-1987
			FR 2593099 A1	24-07-1987
			GB 2185428 A ,B	22-07-1987
			GB 2218928 A ,B	29-11-1989
			GB 2218931 A ,B	29-11-1989
			JP 62228311 A	07-10-1987
			US 4881431 A	21-11-1989

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2004/001872

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B22F7/06 B22F5/04 B22F3/10

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 B22F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 487 773 A (SEYAMA ET AL) 30. Januar 1996 (1996-01-30) Beispiele 3-7	1-4
X	DE 100 53 199 A1 (DENSO CORP., KARIYA) 3. Mai 2001 (2001-05-03) Spalte 3, Zeile 35 - Spalte 5, Zeile 68	1, 2, 4
A	EP 0 995 525 A (INJEX CORPORATION; SEIKO EPSON CORPORATION) 26. April 2000 (2000-04-26) Absatz '0208! - Absatz '0215!; Ansprüche 21-23; Abbildung 1	1-10
X	US 4 813 823 A (BIENECK ET AL) 21. März 1989 (1989-03-21) Spalte 2, Zeile 20 - Spalte 3, Zeile 32	1, 3



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

4. Februar 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

17/02/2005

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

González-Junquera, J

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/001872

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5487773	A	30-01-1996	EP	0538073 A2	21-04-1993
			JP	5195022 A	03-08-1993
			KR	9613892 B1	10-10-1996
			US	5393484 A	28-02-1995
DE 10053199	A1	03-05-2001	JP	2001123202 A	08-05-2001
			JP	2001140001 A	22-05-2001
			US	6488887 B1	03-12-2002
EP 0995525	A	26-04-2000	JP	11315305 A	16-11-1999
			JP	11315306 A	16-11-1999
			JP	11315304 A	16-11-1999
			DE	69920621 D1	04-11-2004
			EP	0995525 A1	26-04-2000
			US	6350407 B1	26-02-2002
			WO	9956898 A1	11-11-1999
US 4813823	A	21-03-1989	TW	415859 B	21-12-2000
			DE	3601385 A1	23-07-1987
			FR	2593099 A1	24-07-1987
			GB	2185428 A ,B	22-07-1987
			GB	2218928 A ,B	29-11-1989
			GB	2218931 A ,B	29-11-1989
			JP	62228311 A	07-10-1987
			US	4881431 A	21-11-1989

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.